

⑬ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ Offenlegungsschrift
⑪ DE 3927311 A1

⑳ Aktenzeichen: P 39 27 311.3
㉑ Anmeldetag: 18. 8. 89
㉒ Offenlegungstag: 21. 2. 91

⑤ Int. Cl. 5:
B 60 K 1/02
B 61 C 9/46
B 60 K 7/00

DE 3927311 A1

㉓ Anmelder:

Magnet-Motor Gesellschaft für magnetmotorische
Technik mbH, 8130 Starnberg, DE

㉔ Vertreter:

Klunker, H., Dipl.-Ing. Dr.rer.nat.; Schmitt-Nilson, G.,
Dipl.-Ing. Dr.-Ing.; Hirsch, P., Dipl.-Ing.,
Pat.-Anwälte, 8000 München

㉕ Erfinder:

Heidelberg, Götz, Dipl.-Phys., 8136 Starnberg, DE;
Ehrhart, Peter, Dr.; Gründl, Andreas, Dr., 8000
München, DE; Plegier, Johannes, Dipl.-Ing., 8134
Pöcking, DE

⑤ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit
in Betracht zu ziehende Druckschriften:

DE 23 57 451 C2
DE-PS 3 19 658
DE-PS 2 13 482

DE-PS 1 89 934
DE-PS 1 30 694
DE 38 17 537 A1
DE 32 45 033 A1
DE 25 35 418 A1
DE 25 01 134 A1
DE-OS 23 16 932
GB 12 42 749
GB 12 31 782
GB 11 35 764

DE-Z: Außenläufer-Motor für die britische Eisen-
bahn. In: etz-a, Bd. 98, 1977, H.5, S.380 u.381;

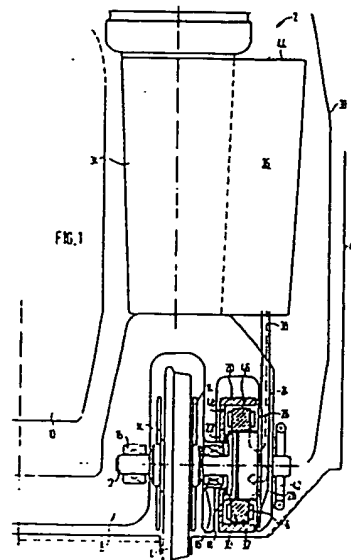
⑤ Elektromotorischer Schienenfahrzeug-Direktantrieb

Elektromotorischer Direktantrieb für Fahrzeugräder, ins-
besondere Schienenfahrzeugräder, dadurch gekennzeichnet,

(a) daß axial neben dem anzutreibenden Rad (4) ein elektro-
nisch kommutierter Elektromotor (6) angeordnet ist, dessen
Rotor (20) zur Drehmomentübertragung an das anzutreibende
Rad (4) angeschlossen ist, wobei die Rotationsachsen des
Rotors (20) und des anzutreibenden Rads (4) mindestens im
wesentlichen miteinander fluchten;

(b) daß der Rotor (20) als Außenrotor des gehäuselosen
Elektromotors (6) ausgebildet ist und ringförmig verteilte
Dauermagnete (50) aufweist; und

(c) daß der Stator (30) des Elektromotors (6) an der dem an-
zutreibenden Rad (4) abgewandten Seite drehfest an dem
Fahrzeug (2) gehalten ist.



DE 3927311 A1

Beschreibung

Gegenstand der Erfindung ist ein elektromotorischer Direktantrieb für Fahrzeugräder, insbesondere Schienenfahrzeugräder, dadurch gekennzeichnet,

- a) daß axial neben dem anzutreibenden Rad ein elektronisch kommutierter Elektromotor angeordnet ist, dessen Rotor zur Drehmomentübertragung an das anzutreibende Rad angeschlossen ist, wobei die Rotationsachsen des Rotors und des anzutreibenden Rads mindestens im wesentlichen miteinander fluchten;
- b) daß der Rotor als Außenrotor des gehäuselosen Elektromotors ausgebildet ist und ringförmig verteilte Dauermagnete aufweist; und
- c) daß der Stator des Elektromotors an der dem anzutreibenden Rad abgewandten Seite drehfest an dem Fahrzeug gehalten ist.

Unter "Direktantrieb" versteht man üblicherweise und in der vorliegenden Anmeldung solche Antriebe, bei denen der Elektromotor einem anzutreibenden Rad ohne Zwischenschaltung eines Getriebes räumlich eng zugeordnet ist. Der Drehmomentübertragungsanschluß des Rotors des Elektromotors an das anzutreibende Rad ist bei der Erfindung entweder an das anzutreibende Rad selbst oder an eine Achswelle vorgenommen, auf der das anzutreibende Rad drehfest sitzt. Elektromotorische Direktantriebe werden zuweilen auch als Achsmotoren bezeichnet.

Fahrzeuge, insbesondere Schienenfahrzeuge, mit mindestens einem Achsmotor auszustatten, erscheint einerseits als eine attraktive Möglichkeit, weil Getriebe, rechtwinklige Umlenkungen des Drehmomentflusses oder dergl. eingespart werden können, so daß man auf die Erreichung von Kostenvorteilen und Raumvorteilen hoffen kann. Auf der anderen Seite sind Achsmotoren, gleiches Drehmoment vorausgesetzt, wegen des Wegfalls eines Getriebes größer und schwerer. Bei Fahrzeugen, insbesondere auch bei Schienenfahrzeugen, steht weder auf der Radaußenseite noch auf der Radinnenseite, insbesondere wenn es sich um sogenannte Niederflurfahrzeuge handelt, viel Platz zur Verfügung. Diese Schwierigkeiten haben bisher den praktischen Einsatz von Achsmotoren verhindert. Zu Versuchszwecken hat man Asynchronmotoren als Achsmotoren eingebaut. Diese Versuche haben nicht zu unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten verwertbaren Ergebnissen geführt, weil das erreichbare Motordrehmoment zu gering war oder sich von Masse und Volumen her zu große Motoren ergeben haben.

Durch die Erfindung wird die Aufgabe gelöst, einen vergleichsweise leichten und raumsparenden Direktantrieb verfügbar zu machen, der jedoch — gemessen am benötigten Einbauvolumen und dem Gewicht — ein vergleichsweise hohes Drehmoment liefert.

Erfindungsgemäß wird ein elektronisch kommutierter Elektromotor mit Außenläufer und ohne Gehäuse vorgesehen. Dadurch befindet sich die im wesentlichen zylindrische Luftspaltfläche auf einem optimal großen Durchmesser. Der vorgesehene Motor ist aufgrund des Aufbaus mit Dauermagneten und aufgrund der elektronischen Kommutierung hinsichtlich Volumen, Masse und verarbeitbarer Stromstärke optimal ausgenutzt. All dies zusammen führt zu einem — gemessen an Volumen und Masse — optimal hohen, lieferbaren Drehmoment.

Elektronisch kommutierte Elektromotoren sind an

sich bekannt, so daß in dieser Hinsicht keine weiteren Einzelheiten beschrieben werden müssen. Elektronisch kommutierte Elektromotoren lassen sich von der Bauartsystematik her am ehesten mit Gleichstrommotoren vergleichen. Üblicherweise wird durch einen Rotationsstellungssensor, häufig einen Hall-Sensor, die jeweils momentane Rotationsstellung des Rotors erfaßt und wird aufgrund von Signalen des Rotationsstellungssensors den Statorwicklungen bzw. Statorspulen zeitrichtig und vorzeichenrichtig elektrische Spannung aufgeschaltet.

Besonders bevorzugt ist der erfindungsgemäße Direktantrieb für Hochgeschwindigkeits-Schienenfahrzeuge, weil bei diesen hohe Raddrehzahlen auftreten, also bei gegebenem Drehmoment des Antriebsmotors hohe Antriebsleistungen verfügbar werden, und weil bei diesen der Gesichtspunkt eines großen Anfahrbeschleunigungsvermögens nicht im Vordergrund steht. Als Hochgeschwindigkeits-Schienenfahrzeuge werden solche angesehen, die eine Höchstgeschwindigkeit im Bereich von 200 bis 300 km/h, oder auch darüber, erreichen.

Man kann den Rotor des Elektromotors mittels der Lagerung des anzutreibenden Rads lagern, also auf eine eigene Rotorlagerung verzichten. Insbesondere in diesem Fall ist ein geringes Rotorgewicht, wie es erfindungsgemäß gemessen am Drehmoment des Motors erreichbar ist, von Vorteil, weil der Rotor des Motors in vielen Fällen zu den ungefederten Fahrzeugmassen gehört. Es ist jedoch alternativ möglich, den Rotor des Motors selbst zu lagern, wenn man es — insbesondere aus weiter unten noch geschilderten Gründen — für vorteilhafter hält.

Vorzugsweise ist der Rotor mit hochkoerzitativen Dauermagneten bzw. Dauermagneten mit einem hohen Energieprodukt aufgebaut. Derartige Dauermagnete sind bekannt, insbesondere aus seltene Erden-Kobalt-Material oder Eisen-Neodym-Material. Der seltene Erden-Materialanteil kann aus einem oder mehreren Seltenerdenelementen, insbesondere Samarium, bestehen. Hochkoerzitative Dauermagnete bzw. Dauermagnete mit hohem Energieprodukt liefern eine hohe Dauermagnet-erregung, erlauben eine hohe Motor-EMK mit vergleichsweise geringer Induktivität erlauben einen besonders kompakten Aufbau des Rotors, und erlauben die Konstruktion des Motors mit vergleichsweise großer, radialer Luftspaltweite, was aus nachfolgend noch angesprochenen Gründen günstig ist.

Eine weitere, bevorzugte Maßnahme zur Steigerung der Kompaktheit bzw. des Drehmoments des Elektromotors besteht darin, den Rotor nach dem Gesichtspunkt der Flußkonzentration auszubilden, wobei die Magnetflußdichte an den luftspaltseitigen Polflächen des Rotors größer ist als an den Endflächen der Dauermagnete.

Es ist möglich und bevorzugt, den Rotor mittels einer Verbindungseinrichtung an das Rad anzuschließen, die kleine Relativbewegungen zwischen dem Rad und dem Rotor zuläßt, insbesondere in Richtung rechtwinklig zur Rotationsachse des Rades bzw. des Rotors, ganz besonders in Vertikalrichtung. Die Verbindungseinrichtung kann eine Art nachgiebige Kupplung sein. Die Verbindungseinrichtung ist vorzugsweise federnd-nachgiebig und/oder dämpfend. Hauptvorteil der genannten Verbindungseinrichtung ist das Fernhalten von Stoßmaxima des Rads von dem Rotor. Dies gilt selbst dann, wenn der Rotor mittels der Lagerung des Rads bzw. der Achswelle des Rads gelagert ist. Es gilt aber in günstigerer

Auswirkung, wenn der Rotor mittels einer eigenen Lagerung gelagert ist, wodurch eine Rad-Primärfederung ohne Rotor-Primärfederung sowie ein stärkeres Entkoppeln der Radstöße von dem Rotor möglich werden. Ferner ist die Variante möglich, daß der gesamte Elektromotor, also Stator und Rotor, gefedert und/oder gedämpft am Fahrzeug abgestützt ist, wobei beispielsweise die Räder, deren Achsen bzw. Achswellen und deren Elektromotoren die ungefederten Fahrzeugmassen ausmachen.

Insbesondere bei Schienenfahrzeugen ist es günstig, wenn das anzutreibende Rad unter Zwischenschaltung einer möglichst früh in der Stoßweiterleitungskette angeordneten Primärfederung mit dem Fahrzeug verbunden ist. Der "früheste" bzw. am dichtesten am Rad befindliche Ort der Primärfederung ist eine Primärfederung zwischen dem eigentlichen Rad und seiner stillstehenden Radachse oder seiner mitrotierenden Achswelle. Der "zweifrüheste" bzw. am zweitnächsten am Rad befindliche Ort der Primärfederung ist zwischen der stillstehenden Radachse oder der mitrotierenden Radachswelle und dem Fahrzeug. Es wird darauf hingewiesen, daß in beiden Fällen der Rotor des Elektromotors entweder zu der durch die Primärfederung unabgefederten Masse (Rad oder Radachse bzw. Achswelle) gehören kann oder zu der durch die Primärfederung abgefederten Masse in der Stoßübertragungskette hinter der Primärfederung.

Dem anzutreibenden Rad kann mindestens auf einer Axialseite eine Bremsscheibe starr zugeordnet sein. Auf der dem Elektromotor entgegengesetzten Axialseite ist normalerweise für eine derartige Bremsscheibe genügend Platz. Zusätzlich oder statt dieser Bremsscheibe kann zwischen dem Elektromotor und dem anzutreibenden Rad eine dem Rad starr zugeordnete Bremsscheibe vorgesehen sein. Es ist aber auch möglich und in vielen Fällen sogar bevorzugt, dem Rotor des Elektromotors eine Bremsscheibe starr zuzuordnen. Dies bietet häufig räumliche Vorteile. Außerdem kann in diesem Fall die Bremsscheibe der der Primärfederung nachgeordneten, gefederten Masse zugeordnet werden.

Der erfindungsgemäß vorgesehene Elektromotor ist — gemessen an seinem Drehmoment — so klein, daß er häufig außenseitig von dem anzutreibenden Rad angeordnet werden kann, insbesondere noch innerhalb der für Eisenbahnfahrzeuge vorgeschriebenen Fahrzeugbegrenzung.

Die Erfindung und Ausgestaltungen der Erfindung werden im folgenden anhand eines schematisiert zeichnerisch dargestellten Ausführungsbeispiels noch näher erläutert. Es zeigt:

Fig. 1 einen Teilquerschnitt eines Schienenfahrzeugs mit Achsmotor;

Fig. 2 einen detaillierteren Teil-Axialschnitt des Elektromotors von Fig. 1 längs II-II in Fig. 1;

Fig. 3 einen Ausschnitt aus Fig. 1 mit abgewandelter Lagerung des Rotors des Elektromotors.

Fig. 1 zeigt einen Teil eines Schienenfahrzeugs 2, beispielsweise eines Triebwagens zur Personenbeförderung, wobei man ein anzutreibendes Schienenrad 4 einer Fahrzeugseite, dessen Achsmotor 6, einen Teil des das Rad 4 und den Motor 6 abstützenden Fahrgestells 8 des Fahrzeugs 2, und einen unteren Teil des Fahrzeugkastens bzw. der Fahrzeugkarosserie 10 zur Aufnahme der Nutzlast bzw. der zu befördernden Personen erkennt. Das Fahrgestell 8 kann beispielsweise eines von zwei Drehgestellen sein, auf denen der Fahrzeugkasten 10 ruht. Es kann sich aber auch um ein Fahrgestell 8

handeln, welches undrehbar mit dem Fahrzeugkasten 10 verbunden ist. Zwischen dem Rad 4 und dem Fahrgestell 8 und/oder zwischen dem Fahrgestell 8 und dem Fahrzeugkasten 10 kann eine nicht eingezeichnete Federung und gegebenenfalls eine Dämpfung vorgesehen sein.

Das Rad 4 ist starr auf einer Achswelle 12 befestigt. Axial links und rechts neben dem Rad ist jeweils eine Bremsscheibe 14 starr auf der Achswelle 12 befestigt. Die Achswelle 12 ist mittels Wälzlager 16 drehbar im Fahrgestell 8 gelagert.

Auf der in Fig. 1 rechten Seite ist die Achswelle 12 verlängert und mit einem flanschartigen Endbereich 18 größeren Durchmessers versehen. An diesen Endbereich 18 ist ein in Fig. 1 nach rechts offener, im wesentlichen becherförmiger Außenrotor 20 des Achsmotors 8 angeschlossen, und zwar unter Zwischensetzen eines federnd nachgiebigen, dämpfenden Verbindungsring 22, beispielsweise aus geeignetem Gummi oder Kunststoff. Der Verbindungsring 22 sitzt auf der dem Rad zugewandten Axialseite des Endbereichs 18, und die Stirnwand des Rotors 20 ragt dort radial nach innen zu dem Verbindungsring 22. Der Achsmotor 6 sitzt in Fig. 1 rechts von dem Rad, also fahrzeugaußenseitig von dem Rad 4.

Das Fahrgestell 8 weist in Fig. 1 rechts von dem Rotor 20 einen nach unten ragenden Fortsatz 24 auf. An der Innenseite dieses Fortsatzes 24 ist ein kreisförmiger Befestigungsflansch 26 befestigt. Der Befestigungsflansch 26 trägt eine nach innen ragende, kräftige, rohrförmige Stütze 28. Am Außenumfang der Stütze 28 sind ringförmig verteilt Statorpole 30 aus ferromagnetischem Material mit Wicklungen 32 angebracht. Der Rotor 20 weist ringförmig verteilt Dauermagnete auf, die in Fig. 1 zur Erhöhung der Übersichtlichkeit nicht eingezeichnet sind. Die Polteilung der Dauermagnete ist auf die Polteilung der Statorpole 30 abgestimmt, so daß durch den mit den Statorpolen 30 aufgebauten Stator und die am Rotor 20 angebrachten Dauermagnete ein Elektromotor mit dauermagnetischer Erregung gebildet ist. Die Dauermagnete sind mit längs des Rotorumfanges wechselnder Polung angeordnet.

Oberhalb des Rads 4 erkennt man eine Tragsäule 34. An der in Fig. 1 rechten Seite der Tragsäule 34 befindet sich ein Einbauraum für die Steller des Motors 6, die Steuerelektronik des Motors 6 und für ein dem Motor 6 zugeordnetes Kühlaggregat. Die Steller des Motors 6 werden mittels eines nicht eingezeichneten Rotationsstellungssensors des Motors 6 so angesteuert, daß sie den einzelnen Wicklungen 32 der Statorpole 30 elektrischen Strom zeitrichtig und vorzeichenrichtig zuführen. Von dem Einbauraum 36 zu dem Fortsatz 24 und durch den Fortsatz 24 hindurch in das Innere der Stütze 28 führt ein Kanal 38, in dem Stromkabel und Kühlungsleitungen verlaufen.

Mit der Linie 39 ist die äußere Fahrzeugkontur angedeutet, die beispielsweise bei der deutschen Bundesbahn 2950 mm breit ist. Mit der Linie 40 ist die engstzulässige Fahrwegbegrenzung angedeutet, also diejenige Grenze, bis zu der hin äußere Fahrwegteile, wie Tunnelwände, Masten und dergl., maximal dicht zu den Schienen des Fahrwegs hin angeordnet sein dürfen. Es handelt sich beispielsweise um die sogenannte Fahrzeugbegrenzung II der Eisenbahnbetriebsordnung der Deutschen Bundesbahn. Man erkennt, daß sich der Achsmotor 6 innerhalb der Fahrzeugkontur 39 und innerhalb der Begrenzung 40 befindet. Mit 42 ist der sogenannte Lemniskatenlenker zur Laufwerkseinstellung angedeutet.

Das Gezeichnete muß man sich links spiegelbildlich

ergänzt, um einen Fahrzeugmittelteil ergänzt und um einen oberen Fahrzeugbereich ergänzt vorstellen, um das gesamte Fahrzeug 2 im Querschnitt vor sich zu haben. Am oberen Ende des Einbauraums 36 ist mit 44 ein Kühlluftaustritt angedeutet.

Der Fahrzeugkasten 10 reicht als Niederflurfahrzeug tiefer herab als dem oberen Bereich des Umfangs des Rads 4 entspricht. Das korrespondierende Rad 4 auf der anderen Fahrzeugseite ist ebenfalls mit einem Achsmotor 6 versehen. Es ist jedoch alternativ möglich, die Achswelle 12 zum gegenüberliegenden Rad 4 durchzuführen und beide Räder 4 durch einen gemeinsamen Achsmotor 6 anzutreiben.

Statt den Rotor 20 wie beschrieben an die Achswelle 12 anzuschließen, könnte er auch beispielsweise durch Bolzen direkt mit dem Rad 4 oder der rechten Bremscheibe 14 verbunden sein. In diesem Fall könnte das Rad 4 auf der Achse 12 drehbar gelagert sein. Die rechte Abstützung der Achse 12 müßte dann beispielsweise am Fortsatz 24 des Fahrwerks 8 erfolgen.

Der federnd-nachgiebige und dämpfende Verbindungsring 22 führt dazu, daß Stöße, insbesondere Stoßmaxima, reduziert an den Rotor 20 weitergegeben werden.

Es ist möglich, zwischen den Lagern 16 und dem Fahrwerk 8 Federelemente und/oder Dämpfungselemente zwischenzusetzen. Sofern die Nachgebewege dieser Elemente klein genug sind, kann der Rotor 20 diese Nachgebewebewegungen mitmachen, da man den radialen Luftspalt 46 zwischen den radial nach außen gerichteten Polflächen der Statorpole 30 und dem Innenumfang des Rotors 20 bei dem erfindungsgemäßen Motoraufbau ohne weiteres groß genug ausbilden kann. Es ist ferner möglich, zwischen dem Rad 4 und der stillstehenden Achse 12 bzw. der drehmomentübertragenden, drehenden Achswelle 12 federnde und/oder dämpfende Zwischenelemente vorzusehen.

In Fig. 3 erkennt man eine Variante, bei der der Rotor 20 in der Stütze 28 gelagert ist. Zwischen dem Rotor 20 und dem Endbereich 18 der Achswelle 12 ist wiederum ein federnder und dämpfender Verbindungsring 22 angeordnet. Bei dieser Ausführung kommen Stöße des Rads 4 noch wesentlich reduzierter auf den Rotor 20. Außerdem hat man in diesem Fall die Freiheit, das Rad 4 oder die Achswelle 12 mit größerem Nachgebeweg gefedert und/oder gedämpft abzustützen, weil der Verbindungsring 22 den Nachgebeweg aufnimmt. Wenn der Rotor 20 eine eigene Lagerung 17, beispielsweise gemäß Fig. 3 aufweist, kann er beispielsweise in nicht eingezeichnete Weise durch geeignete Verbindungselemente, die kleine Relativbewegungen zulassen und gewünschtenfalls federnd und/oder dämpfend wirken, direkt mit dem Rad 4 oder der rechten Bremscheibe 14 verbunden sein. Alternativ kann der Rotor 20 rechts an dem Fortsatz 24 drehbar gelagert sein.

Die Stirnwand 48 des Rotors 20 kann in nicht eingezeichneter Weise radial vergrößert sein, um dort einen Bremsbereich auszubilden.

In Fig. 2 ist eine bevorzugte Ausführungsmöglichkeit des Rotors 20 in magnetischer Hinsicht dargestellt. Die eingezeichneten Dauermagnete 50 weisen Endflächen 52 auf, an denen der Magnetfluß in anschließendes ferromagnetisches Material 54 übertritt und die — grob gesprochen — in Umfangsrichtung des Rotors 20 weisen. Die ferromagnetischen Materialbereiche 54 jeweils zwischen zwei mit entgegengesetzter Polung angeordneten Dauermagneten 50 bilden radial nach innen gerichtete Polflächen 56. Jede Polfläche 56 weist eine klei-

nere Magnetflußaustrittsfläche auf als es der Summe der Magnetflußübertrittsflächen 52 der beiden anschließenden Dauermagnete 50, gemessen jeweils in einer Radialebene, entspricht, so daß sich ein Flußkonzentrationseffekt ergibt.

Man erkennt, daß bei der Ausführungsform gemäß Fig. 1 die Rotationsachsen des Rads 4 und des Rotors 20 im Normalfall miteinander fluchten. Wenn das Rad 4 oder die Achswelle 12 mit Nachgebeweg abgestützt sind, können sich Situationen ergeben, in denen — wegen des nachgiebigen Verbindungsringes 22 — diese Rotationsachsen nicht mehr exakt, aber immer noch im wesentlichen miteinander fluchten. Dies gilt auch für die im Zusammenhang mit Fig. 3 beschriebenen Ausführungsformen.

Patentansprüche

1. Elektromotorischer Direktantrieb für Fahrzeugräder, insbesondere Schienenfahrzeugräder, dadurch gekennzeichnet,

a) daß axial neben dem anzutreibenden Rad (4) ein elektronisch kommutierter Elektromotor (6) angeordnet ist, dessen Rotor (20) zur Drehmomentübertragung an das anzutreibende Rad (4) angeschlossen ist, wobei die Rotationsachsen des Rotors (20) und des anzutreibenden Rads (4) mindestens im wesentlichen miteinander fluchten;

b) daß der Rotor (20) als Außenrotor des gehäuselosen Elektromotors (6) ausgebildet ist und ringförmig verteilte Dauermagnete (50) aufweist; und

c) daß der Stator (30) des Elektromotors (6) an der dem anzutreibenden Rad (4) abgewandten Seite drehfest an dem Fahrzeug (2) gehalten sein.

2. Antrieb nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Rotor (20) mittels der Lagerung (16) des Rads (4) gelagert ist.

3. Antrieb nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß hochkoerzitive Dauermagnete (50), vorzugsweise aus seltene Erden-Kobalt-Material oder Eisen-Neodym-Material, vorgesehen sind.

4. Antrieb nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Rotor (20) nach dem Gesichtspunkt der Flußkonzentration ausgebildet ist, wobei die Magnetflußdichte an den luftspaltseitigen Polflächen (56) des Rotors (20) größer ist als an den Endflächen (52) der Dauermagnete (50).

5. Antrieb nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Rotor (20) mittels einer Verbindungseinrichtung (22) an das Rad (4) angeschlossen ist, die kleine Relativbewegungen zwischen dem Rad (4) und dem Rotor (20) zuläßt.

6. Antrieb nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Verbindungseinrichtung (22) federnd-nachgiebig ist.

7. Antrieb nach Anspruch 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Verbindungseinrichtung (22) dämpfend ist.

8. Antrieb nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Radachse (12) gefedert am Fahrzeug (4) abgestützt ist.

9. Antrieb nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß das Rad gefedert auf der Radachse (12) abgestützt ist.

10. Antrieb nach einem der Ansprüche 1 bis 9, da-

durch gekennzeichnet, daß dem Rotor (20) eine Bremsscheibe (14) starr zugeordnet ist.

11. Antrieb nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß der Elektromotor (6) außenseitig von dem Rad (4) angeordnet ist.

12. Antrieb nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß der Antrieb innerhalb der für Eisenbahnfahrzeuge vorgeschriebenen Fahrzeugbegrenzung (28) angeordnet ist.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

— Leerseite —

